

**JP11196544**

Publication Title:

**PERMANENT MAGNET MOTOR**

Abstract:

Abstract of JP11196544

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a permanent magnet motor with large reluctance torque, by reducing d-axial inductance ( $L_d$ ) and enlarging q-axial inductance ( $L_q$ ). **SOLUTION:** In a permanent magnet motor, a rotor core 10 with magnetic poles made up of permanent magnets is arranged inside a stator core for generating a rotating field. The rotor core 10 includes a first core member 12 with permanent magnets 11 at each pole for developing magnet torque, and a second core member 14 for generating reluctance torque without using the permanent magnets. The first and the second core members 12 and 14 are joined coaxially in a body.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

-----  
Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-196544

(43)公開日 平成11年(1999)7月21日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 2 K 1/27

識別記号

5 0 1

F I

H 0 2 K 1/27

5 0 1 M

5 0 1 K

1/22

1/22

A

21/14

21/14

M

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平10-295191

(22)出願日 平成10年(1998)10月16日

(31)優先権主張番号 特願平9-312604

(32)優先日 平9(1997)10月29日

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000006811

株式会社富士通ゼネラル

神奈川県川崎市高津区末長1116番地

(72)発明者 成田 憲治

神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式  
会社富士通ゼネラル内

(72)発明者 鈴木 孝史

神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式  
会社富士通ゼネラル内

(72)発明者 奥寺 浩之

神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式  
会社富士通ゼネラル内

(74)代理人 弁理士 大原 拓也

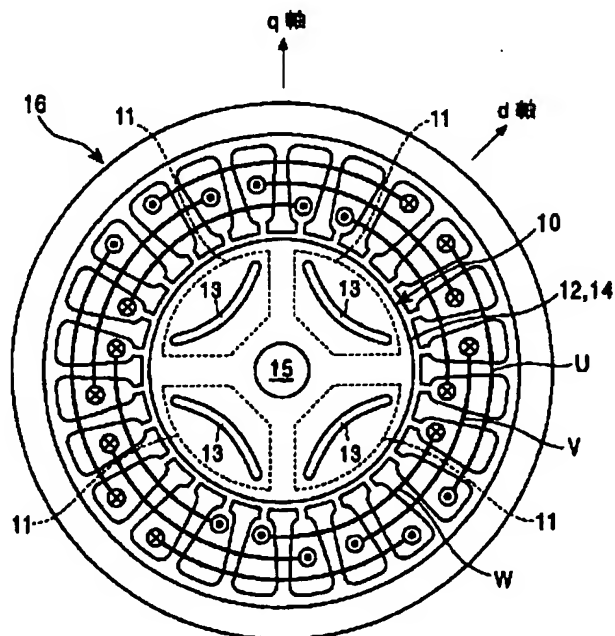
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 永久磁石電動機

(57)【要約】

【課題】 d軸インダクタンス $L_d$ を小さく抑える一方で、q軸インダクタンス $L_q$ を大きくして、リラクタンストルクを大きくする。

【解決手段】 各磁極が永久磁石により構成されたロータコアを回転磁界を発生するステータコア内に配置した永久磁石電動機において、ロータコアとして、各磁極に永久磁石11が埋設されたマグネットトルク発生用の第1コアメンバー12と、永久磁石を持たないリラクタンストルク発生用の第2コアメンバー14とを同軸的に一体に接合したロータコア10を用いる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 各磁極が永久磁石により構成されたロータコアを回転磁界を発生するステータコア内に配置した永久磁石電動機において、上記ロータコアが、各磁極に永久磁石が埋設されたマグネットトルク発生用の第1コアメンバーと、永久磁石を持たないリラクタンストルク発生用の第2コアメンバーとを同軸的に一体に接合したロータコアであることを特徴とする永久磁石電動機。

【請求項2】 各磁極が永久磁石により構成されたロータコアを回転磁界を発生するステータコア内に配置した永久磁石電動機において、上記ロータコアは、その回転中心軸に対して同軸的に一体に接合された第1コアメンバーおよび第2コアメンバーを含み、上記第1コアメンバー内には、上記各磁極ごとに所定の断面形状を有する永久磁石が埋設されており、上記第2コアメンバーの上記各永久磁石と対向する位置には、上記ステータコアからの磁束の磁路に沿ってスリットが形成されていることを特徴とする永久磁石電動機。

【請求項3】 上記スリットは、上記永久磁石の断面形状の投影面積内に配置されていることを特徴とする請求項2に記載の永久磁石電動機。

【請求項4】 上記第1コアメンバー側の永久磁石は断面扇状として、その長円弧側が同第1コアメンバーの外周縁に沿って配置され、上記第2コアメンバー側のスリットは、上記永久磁石の断面扇状の投影面積内において、上記ステータコアからの磁束の磁路に沿って円弧状に形成されていることを特徴とする請求項2に記載の永久磁石電動機。

【請求項5】 上記第1コアメンバー側の永久磁石は断面扇状として、その長円弧側が同第1コアメンバーの外周縁に沿って配置され、上記第2コアメンバー側には、上記永久磁石の断面扇状の投影面積内において、上記ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された複数のスリットが設けられていることを特徴とする請求項2に記載の永久磁石電動機。

【請求項6】 上記第1コアメンバー側の永久磁石は断面台形状として、その長辺側が同第1コアメンバーの外周縁に沿って配置され、上記第2コアメンバー側のスリットは、上記永久磁石の断面台形状の投影面積内において、上記ステータコアからの磁束の磁路に沿って円弧状に形成されていることを特徴とする請求項2に記載の永久磁石電動機。

【請求項7】 上記第1コアメンバー側の永久磁石は断面台形状として、その長辺側が同第1コアメンバーの外周縁に沿って配置され、上記第2コアメンバー側には、上記ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された複数のスリットが設けられているとともに、少なくとも一つのスリットは、その全体が上記永久磁石の断面台形状の投影面積内に配置されていることを特徴とする請求項2に記載の永久磁石電動機。

【請求項8】 上記第1コアメンバー側の永久磁石は上記磁極の境界線に沿って平行に配置された断面矩形状の2つの磁石片からなり、上記第2コアメンバー側には、上記2つの磁石片の断面矩形状の各投影面積内において、上記ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された2つのスリットが設けられていることを特徴とする請求項2に記載の永久磁石電動機。

【請求項9】 上記第1コアメンバー側の永久磁石は上記磁極の境界線に沿って平行に配置された断面矩形状の2つの磁石片からなり、上記第2コアメンバー側には、上記2つの磁石片の断面矩形状の各投影面積内において、上記ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された2つの第1スリットと、上記各投影面積部分に跨るように上記ステータコアからの磁束の磁路に沿って円弧状に形成された第2スリットとが設けられていることを特徴とする請求項2に記載の永久磁石電動機。

【請求項10】 上記第1コアメンバー側の永久磁石は断面矩形状の2つの磁石片からなり、この2つの磁石片の各一端側が同第1コアメンバーの中心方向に向けて互いに近づくような角度をもって配置されているとともに、上記第2コアメンバー側には、上記2つの磁石片の断面矩形状の各投影面積内において、上記ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された2つのスリットが設けられていることを特徴とする請求項2に記載の永久磁石電動機。

【請求項11】 上記第1コアメンバー側の永久磁石は断面矩形状の2つの磁石片からなり、この2つの磁石片の各一端側が同第1コアメンバーの中心方向に向けて互いに近づくような角度をもって配置されているとともに、上記第2コアメンバー側には、上記2つの磁石片の断面矩形状の各投影面積内において、上記ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された2つの第1スリットと、上記各投影面積以外の部分において、上記ステータコアからの磁束の磁路に沿って円弧状に形成された第2スリットとが設けられていることを特徴とする請求項2に記載の永久磁石電動機。

【請求項12】 上記第1コアメンバー側の永久磁石は断面矩形の帯板状であって、その板厚方向に着磁されているとともに、その板厚間の中心線が上記各磁極の境界線上に位置するように配置され、その一方の極が隣り合う磁極のいずれか一方の磁極として用いられ、他方の極が隣り合う磁極のいずれか他方の磁極として用いられており、上記第2コアメンバー側には、上記永久磁石の各一方の極の投影面積内において、上記ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された2つのスリットが設けられていることを特徴とする請求項2に記載の永久磁石電動機。

【請求項13】 上記第1コアメンバー側の永久磁石は断面矩形の帯板状であって、その板厚方向に着磁されて

いるとともに、その板厚間の中心線が上記各磁極の境界線上に位置するように配置され、その一方の極が隣り合う磁極のいずれか一方の磁極として用いられ、他方の極が隣り合う磁極のいずれか他方の磁極として用いられており、上記第2コアメンバー側には、上記永久磁石の各一方の極の投影面積内において、上記ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された2つの第1スリットと、上記各投影面積以外の部分において、上記ステータコアからの磁束の磁路に沿って円弧状に形成された第2スリットとが設けられていることを特徴とする請求項2に記載の永久磁石電動機。

【請求項14】 上記第1コアメンバー側の永久磁石は断面円弧状として、その凸面側が同第1コアメンバーの外周縁に沿って配置され、上記第2コアメンバー側のスリットは、上記永久磁石の断面円弧状の投影面積内において、上記ステータコアからの磁束の磁路に沿って円弧状に形成されていることを特徴とする請求項2に記載の永久磁石電動機。

【請求項15】 上記第1コアメンバー側の永久磁石は断面円弧状として、その凸面側が同第1コアメンバーの中心方向に向けて配置され、上記第2コアメンバー側のスリットは、上記永久磁石の断面円弧状の投影面積内において、上記ステータコアからの磁束の磁路に沿って円弧状に形成されていることを特徴とする請求項2に記載の永久磁石電動機。

【請求項16】 上記第1コアメンバー側の永久磁石は断面円弧状として、その凸面側が同第1コアメンバーの中心方向に向けて配置され、上記第2コアメンバー側には、上記永久磁石の断面円弧状の投影面積内において、上記ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された複数のスリットが設けられていることを特徴とする請求項2に記載の永久磁石電動機。

【請求項17】 上記永久磁石がフェライト磁石であることを特徴とする請求項1または2に記載の永久磁石電動機。

【請求項18】 上記第1コアメンバーおよび第2コアメンバーはともに、プレスにて打ち抜かれた電磁鋼板の積層体からなり、上記第1コアメンバー用の各電磁鋼板には永久磁石埋設孔が打ち抜かれており、上記第2コアメンバー用の各電磁鋼板には上記永久磁石埋設孔の投影面積内で上記スリットが打ち抜かれていることを特徴とする請求項2または3に記載の永久磁石電動機。

【請求項19】 請求項1または2のロータコアを有するブラシレスDCモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ロータコアに永久磁石を有するブラシレスDCモータなどの電動機に関し、さらに詳しく言えば、リラクタンストルクを有効に

利用して高効率化を図った永久磁石電動機に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 ブラシレスDCモータなどの電動機においては、そのインナーロータのコアに永久磁石が埋設されており、図23および図24にはその一例が示されている。なお、これらの図は、電動機の内部をその回転軸線と直交する面から見た平面図である。

【0003】 まず、図23の例において、ロータコア2は界磁が回転する例えば24スロットのステータコア1内に配置されている。この例における電動機の極数は4極であり、したがって、ロータコア2には、その極数分に応じて4つの永久磁石3が設けられている。

【0004】 各永久磁石3は断面が矩形の帯板状に形成されており、ロータコア2の外周縁側において、同ロータコア2の直径線と直交する方向に沿ってN極とS極の各一对が対向的に配置されている。なお、各永久磁石3は図23の紙面に対して直交する方向に沿ってロータコア2内に埋設されている。

【0005】 各永久磁石3の間には、隣接する永久磁石間における磁束の短絡や漏洩を防止するためのフラックスバリアとしての孔4が形成されている。この例では、孔4は三角形の孔として示されており、各永久磁石3の両端に配置されている。また、ロータコア2の中心には、図示しない回転軸が挿通される中心孔5が設けられている。

【0006】 ここで、永久磁石3による空隙部（ステータコア1の歯と永久磁石3との間）の磁束分布が正弦波状になっているものとする、この電動機のトルクTは、 $T = P_n \{ \Phi_a \cdot I_a \cdot \cos \beta - 0.5 (L_d - L_q) \cdot I_a^2 \cdot \sin 2\beta \}$  で表される。なお、 $\Phi_a$  はd、q座標軸上の永久磁石3による電機子鎖交磁束、 $L_d$ 、 $L_q$  はd、q軸インダクタンス、 $I_a$  はd、q座標軸上の電機子電流の振幅、 $\beta$  はd、q座標軸上の電機子電流のq軸からの進み角、 $P_n$  は極対数である。

【0007】 上記の式において、第1項は永久磁石3によるマグネットトルクであり、第2項はd軸インダクタンスとq軸インダクタンスとの差によって生じるリラクタンストルクである。詳しくは、T. I. E. E. J a p a n, V o l. 117-D, No 8, 1997の論文を参照されたい。

【0008】 もう一つの従来例である図24のロータコア2においては、断面円弧状の永久磁石6が用いられているが、そのトルクTは同じく上記の演算式により求めることができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、これらの従来例においては、d軸の磁路に透磁率の小さい永久磁石3、6がほぼ直角に配置されているため、d軸インダクタンス $L_d$ はもともと小さい。これに対して、q軸

10

20

30

40

50

の磁路には比較的大きい永久磁石 3, 6 がその磁路に沿って埋込まれているため、 $q$  軸インダクタンス  $L_q$  は  $d$  軸インダクタンス  $L_d$  はよりも大きい、 $q$  軸インダクタンス  $L_q$  は  $d$  軸インダクタンス  $L_d$  とあまり大差がない。したがって、上記のトルク算出式におけるパラメータとしてのインダクタンス差 ( $L_d - L_q$ ) の値が小さく、リラクタンストルクが小さいという課題があった。

【0010】本発明は、このような課題を解決するためになされたもので、その目的は、 $d$  軸インダクタンス  $L_d$  を小さく抑える一方で、 $q$  軸インダクタンス  $L_q$  を大きくして、リラクタンストルクを大きくすることができ

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、この目的は、各磁極が永久磁石により構成されたロータコアを回転磁界を発生するステータコア内に配置した永久磁石電動機において、上記ロータコアとして、各磁極に永久磁石が埋設されたマグネットトルク発生用の第 1 コアメンバーと、永久磁石を持たないリラクタンストルク発生用の第 2 コアメンバーとを同軸的に一体に接合してなるロータコアを用いることにより達成される。

【0012】このように、ロータコアをマグネットトルク発生部とリラクタンストルク発生部とに分割することにより、その分割比に応じて上記のトルク算出式におけるインダクタンス差 ( $L_d - L_q$ ) の値を任意に大きく設定することができる。

【0013】本発明において、第 1 コアメンバー内には、各磁極ごとに所定の断面形状を有する永久磁石が埋設されるが、第 2 コアメンバーの各永久磁石と対向する位置には、ステータコアからの磁束の磁路に沿ってスリットが形成され、このスリットにより、 $q$  軸インダクタンス  $L_q$  が大きくされる。

【0014】この場合、第 2 コアメンバー側のスリットは、第 1 コアメンバー側から見て、同第 1 コアメンバー内に埋設されている永久磁石の断面形状の投影面積内に配置されていることが好ましい。これによれば、第 1 コアメンバーと第 2 コアメンバーとの接触面において、スリットが磁束の短絡および漏洩を防止するフラックスバリアとして作用する。

【0015】本発明には、次のようないくつかの態様が含まれ、これによっても上記と同様な作用効果が奏される。

【0016】第 1 の態様として、第 1 コアメンバー側においては、永久磁石を断面扇状として、その長円弧側を同第 1 コアメンバーの外周縁に沿って配置する。第 2 コアメンバー側においては、その永久磁石の断面扇状の投影面積内において、ステータコアからの磁束の磁路に沿ってスリットを円弧状に形成する。このように、永久磁石として断面扇状の大きな永久磁石を用いることにより、その分、マグネットトルクを大きくすることができ

る。

【0017】第 2 の態様として、第 1 コアメンバー側は、第 1 の態様と同じく、永久磁石を断面扇状として、その長円弧側を同第 1 コアメンバーの外周縁に沿って配置するが、第 2 コアメンバー側においては、その永久磁石の断面扇状の投影面積内において、ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された複数、例えば 2 つのスリットを設ける。

【0018】第 3 の態様として、第 1 コアメンバー側においては、永久磁石を断面台形状として、その長辺側を同第 1 コアメンバーの外周縁に沿って配置する。第 2 コアメンバー側においては、その永久磁石の断面台形状の投影面積内において、ステータコアからの磁束の磁路に沿って円弧状にスリットを形成する。この態様においても、第 1 の態様と同じく永久磁石が大きいことから、マグネットトルクを大きくすることができる。

【0019】第 4 の態様として、第 1 コアメンバー側は、第 3 の態様と同じく、永久磁石を断面台形状として、その長辺側を同第 1 コアメンバーの外周縁に沿って配置するが、第 2 コアメンバー側においては、ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された複数のスリットを設けるとともに、少なくとも一つのスリットについては、その全体が永久磁石の断面台形状の投影面積内に含まれるように配置する。

【0020】第 5 の態様として、第 1 コアメンバー側においては、永久磁石を断面矩形状の 2 つの磁石片に分割し、その各々を磁極の境界線に沿って平行に配置する。第 2 コアメンバー側においては、その 2 つの磁石片の断面矩形状の各投影面積内において、ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された 2 つのスリットを設ける。

【0021】第 6 の態様として、第 1 コアメンバー側は、第 5 の態様と同じく、永久磁石を 2 つの磁石片に分割し、その各々を磁極の境界線に沿って平行に配置するが、第 2 コアメンバー側においては、その 2 つの磁石片の断面矩形状の各投影面積内において、ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された 2 つの第 1 スリットと、各投影面積部分に跨るようにステータコアからの磁束の磁路に沿って円弧状に形成された第 2 スリットとを設ける。

【0022】第 7 の態様として、第 1 コアメンバー側においては、永久磁石を断面矩形状の 2 つの磁石片に分割し、この 2 つの磁石片をその各一端側が同第 1 コアメンバーの中心方向に向けて互いに近づくような角度をもって配置する。第 2 コアメンバー側においては、その 2 つの磁石片の断面矩形状の各投影面積内において、ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された 2 つのスリットを設ける。

【0023】第 8 の態様として、第 1 コアメンバー側は、第 7 の態様と同じく、永久磁石を断面矩形状の 2 つ

の磁石片に分割し、この2つの磁石片をその各一端側が同第1コアメンバーの中心方向に向けて互いに近づくような角度をもって配置するが、第2コアメンバー側においては、その2つの磁石片の断面矩形状の各投影面積内において、ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された2つの第1スリットと、各投影面積以外の部分において、ステータコアからの磁束の磁路に沿って円弧状に形成された第2スリットとを設ける。

【0024】第9の態様として、第1コアメンバー側においては、断面矩形状の帯板状であって、その板厚方向に着磁されている永久磁石を、その板厚間の中心線が各磁極の境界線上に位置するように配置し、その一方の極を隣り合う磁極のいずれか一方の磁極とし、他方の極を隣り合う磁極のいずれか他方の磁極とする。第2コアメンバー側においては、その永久磁石の各一方の極の投影面積内において、ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された2つのスリットを設ける。

【0025】第10の態様として、第1コアメンバー側は第9の態様と同じであり、また、第2コアメンバー側にも、第9の態様と同じく、永久磁石の各一方の極の投影面積内において、ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された2つの第1スリットを設けるが、この態様の場合、さらに各投影面積以外の部分において、ステータコアからの磁束の磁路に沿って円弧状に形成された第2スリットを設ける。

【0026】第11の態様として、第1コアメンバー側においては、永久磁石を断面円弧状として、その凸面側を同第1コアメンバーの外周縁に沿って配置する。第2コアメンバー側においては、その永久磁石の断面円弧状の投影面積内において、ステータコアからの磁束の磁路に沿ってスリットを円弧状に形成する。

【0027】第12の態様として、第1コアメンバー側においては、永久磁石を断面円弧状として、その凸面側を同第1コアメンバーの中心方向に向けて配置する。第2コアメンバー側においては、その永久磁石の断面円弧状の投影面積内において、ステータコアからの磁束の磁路に沿ってスリットを円弧状に形成する。

【0028】第13の態様として、第1コアメンバー側は、第12の態様と同じく、永久磁石を断面円弧状として、その凸面側を同第1コアメンバーの中心方向に向けて配置するが、上記第2コアメンバー側においては、その永久磁石の断面円弧状の投影面積内において、ステータコアからの磁束の磁路に沿ってそれぞれが円弧状に形成された複数、例えば2つのスリットを設ける。

【0029】上記いずれの態様においても、第1コアメンバーの永久磁石は、安価でしかも入手の容易なフェライト磁石であることが好ましい。

【0030】本発明において、第1コアメンバーおよび

第2コアメンバーはともに、プレスにて打ち抜かれた電磁鋼板の積層体からなり、第1コアメンバー用の各電磁鋼板には永久磁石埋設孔が打ち抜かれているとともに、第2コアメンバー用の各電磁鋼板にはその永久磁石埋設孔の投影面積内で各スリットが打ち抜かれていることが好ましい。

【0031】すなわち、第2コアメンバー側のスリットは、第1コアメンバー側の永久磁石埋設孔の投影面積内に配置され、第2コアメンバー側のスリットは、第1コアメンバー側の永久磁石埋設孔よりも寸法的に小さいことが好ましい。

【0032】これによれば、ロータコアの製造に際して、まず、ロータコアを構成するすべてのコア材（電磁鋼板）を対象として、第2コアメンバー用のスリットを打ち抜き、しかる後、第1コアメンバー用の永久磁石埋設孔については、その第1コアメンバーに必要とされる枚数分のコア材に対して、先に形成した第2コアメンバーのスリットを被せるように打ち抜けばよい。したがって、さほどコスト負担を招くことなく、能率的に電磁鋼板からなるコア積層体を得られることになる。

【0033】なお、その後このコア積層体に永久磁石材料が埋設され着磁が施されるが、場合によっては、その永久磁石材料をあらかじめ着磁してから、コア積層体に埋設してもよい。

【0034】本発明は、空気調和機のコンプレッサ駆動用として用いられるブラシレスDCモータに好適であり、これによれば空気調和機の性能アップが図れる。

【0035】

【発明の実施の形態】まず、図1ないし図4を参照して、本発明による永久磁石電動機の第1実施例について説明する。この永久磁石電動機は、回転磁界を発生するステータコア16と、このステータコア16内に回転可能に設けられたロータコア10とを備えている。

【0036】この実施例において、ステータコア16は24のスロットを有し、三相（U相、V相およびW相）の電機子巻線が施されている。この場合、外径側の巻線がU相、内径側の巻線がW相、その中間に位置する巻線がV相とされているが、スロット数および電機子巻線の形態は任意であってよい。

【0037】図2の断面図に示されているように、ロータコア10は、第1コアメンバー12と第2コアメンバー14とを同軸的に一体に接合することにより構成されている。なお、ロータコア10の回転中心には、図示しない回転軸を挿通するための中心孔15が穿設されている。

【0038】第1コアメンバー12はマグネットトルク発生用であり、図3に示されているように、第1コアメンバー12内には永久磁石11が埋設されている。この実施例において、永久磁石11には断面扇状のフェライト磁石が用いられている。



【0039】この実施例の永久磁石電動機の磁極数は4極であるため、第1コアメンバー12内には、4つの永久磁石11がその長円弧側をコア外周縁側に向けるようにして、円周方向に等間隔に配置されている。

【0040】第2コアメンバー14はリラクタンストルク発生用であり、永久磁石は設けられていない。すなわち、図4に示されているように、第2コアメンバー14には、この永久磁石電動機の磁極数（4極）に応じて4つのスリット13のみが、円周方向に等間隔に形成されている。

【0041】各スリット13は、ステータコア16からの磁束の磁路に沿って円弧状に形成されている。すなわち、各スリット13は、その凸面側がコアの中心孔15側に向けて配置されており、中心孔15側から見ると、各スリット13は逆円弧状となっている。

【0042】各スリット13は、第1コアメンバー12側の各永久磁石11と位置的に1:1の対応関係にあり、第1コアメンバー12と第2コアメンバー14とを同軸的に重ねた場合、スリット13は永久磁石11の投影面積からはみ出ないような大きさとされている。

【0043】図1はロータコア10を第2コアメンバー14側から見た平面図であるため、永久磁石11は破線で示されており、その破線内にスリット13が実線で示されていることからしても、スリット13が永久磁石11の投影面積内に配置されていることが容易に理解されよう。

【0044】なお、このようにロータコア10をマグネットトルク発生用の第1コアメンバー12と、リラクタンストルク発生用の第2コアメンバー14とから構成するにしても、第1コアメンバー12はロータコア10の全軸長に対して1/2以上を占めることが好ましく、この実施例においてもそのようにされている。

【0045】このロータコア10によれば、第1コアメンバー12においては、各永久磁石11を断面扇状として、第1コアメンバー12の大部分をこの永久磁石11によって占めるようにしているため、マグネットトルクを最大限にまで大きくすることができる。

【0046】これに対して、第2コアメンバー14においては、永久磁石を有しないため、マグネットトルクの発生はないが、スリット13によりステータコア16からの磁束の磁路磁気抵抗が小さい。このことはq軸インダクタンス $L_q$ が大きくなることを意味する。

【0047】したがって、d軸とq軸のインダクタンスの差( $L_d - L_q$ )が大きく、リラクタンストルクを大きくすることができる。また、第2コアメンバー14のスリット13が、第1コアメンバー12の永久磁石11の断面形状内に含まれることから、第1コアメンバー12と第2コアメンバー14の接触面で、スリット13がフラックスバリアの機能を発揮し、これにより永久磁石11の磁束の短絡、漏洩を防止することができる。

【0048】このように、主としてマグネットトルクを第1コアメンバー12側で発生させ、リラクタンストルクを第2コアメンバー14側で発生させるようにしたことにより、第1コアメンバー12側ではリラクタンストルクを考慮せず、もっぱらマグネットトルクが極力大きくなるように、永久磁石11の大きさを決めることができる。

【0049】また、第2コアメンバー14側においては、第1コアメンバー12と切り離して独自に、リラクタンストルクが最大になるように、かつ、フラックスバリアの機能が最大限発揮されるように、スリット13の長さおよびその幅を決めることができるため、効率の高いモータを得ることができる。

【0050】さらにまた、ロータコア10に対する第1コアメンバー12と第2コアメンバー14の構成比率を適宜選択することにより、所望とするマグネットトルクおよびリラクタンストルクを得ることができる。

【0051】このロータコア10の製造工程においては、自動プレス機械でコアプレス金型により電磁鋼板からコア材を打ち抜き、そのコア材を金型内で所定枚数積層した後、リベットを挿通してかしめる自動コア積層方式が採用されている。

【0052】このプレス加工工程で、第1コアメンバー12用のコア材と第2コアメンバー14用のコア材とを、あらかじめ別々に所定枚数分打ち抜いてもよいが、本発明では、まず、ロータコア10を構成するのに必要なすべてのコア材を第2コアメンバー14用として打ち抜く。すなわち、すべてのコア材にスリット13を形成する。しかる後、そのコア材の中から第1コアメンバー12に必要とされる枚数分のコア材を取り出し、これについて永久磁石11を埋設するための孔を打ち抜くようにしている。

【0053】この場合、永久磁石11の埋設孔は、先に形成した第2コアメンバー14用のスリット13を被せるように打ち抜かれ、したがって、第1コアメンバー12用のコア材には永久磁石11の埋設孔のみが形成されることになる。

【0054】上記のようにして、第1コアメンバー12と第2コアメンバー14とを一体に組み立てた後、第1コアメンバー12に永久磁石11としてのフェライト磁石材料を埋設して着磁することによりロータコア10が得られる。なお、永久磁石材料を着磁して永久磁石11とした後、コア内に埋設するようにしてもよい。

【0055】このように、本発明によれば、新たに設備を導入する必要がなく、既存の装置を利用してロータコア10を製造することができるため、コスト負担が増えることもない。また、このロータコア10を空気調和機の圧縮機用モータとしてのブラシレスDCモータに適用することにより、コストアップを伴うことなく、空気調和機の性能アップ（運転効率の上昇、振動や騒音の低

下)を図ることができる。

【0056】次に、図5ないし図7により、本発明の第2実施例について説明する。この第2実施例においても、ロータコア10は図6のマグネットトルク発生用の第1コアメンバー12と、図7のリラクタンストルク発生用の第1コアメンバー14とを同軸的に一体に接合することにより構成されている(図2参照)。

【0057】第1コアメンバー12内には各磁極ごとに永久磁石17が埋設されているが、この第2実施例では、各永久磁石17は断面台形(好ましくは、断面等脚台形)の例えばフェライト磁石からなり、その長辺(底辺)側がコア外周縁側に沿うように配置されている。

【0058】この断面台形状の永久磁石17と上記第1実施例における断面扇状の永久磁石11とを比較すると、断面扇状の場合には曲線加工を必要とするため、その加工コストが高くなるが、この第2実施例のように断面台形とすることにより、すべての辺が直線加工でよいため、加工コストが低コストで済む。なお、この第2実施例では、断面台形の鋭角箇所を欠け防止のために直線的にカットするようにしている。

【0059】第2コアメンバー14には、上記第1実施例と同じく、ステータコア16からの磁束の磁路に沿うように、スリット18が円弧状に形成されている。図5に示されているように、この第2実施例においても、各スリット18は第1コアメンバー12側の永久磁石17の投影面積内で形成されている。なお、ステータコア16については、上記第1実施例と同じであるため、特に説明はしない。

【0060】この第2実施例によれば、上記第1実施例で説明した効果に加えて、加工コストが安く、ひいては永久磁石電動機のコスト低下が図られる。

【0061】図8ないし図10には、本発明の第3実施例が示されている。この第3実施例においても、ロータコア10は図9のマグネットトルク発生用の第1コアメンバー12と、図10のリラクタンストルク発生用の第1コアメンバー14とを同軸的に一体に接合することにより構成されている(図2参照)。

【0062】第1コアメンバー12内には永久磁石が埋設されるが、この場合、一つの磁極あたり2つの永久磁石片19a、19bが用いられている。各永久磁石片19a、19bはともに、断面矩形の例えばフェライト磁石の帯板からなり、その各々が各磁極の境界線Bに沿って配置されている。

【0063】すなわち、この実施例では4極であるため、各磁極間には直交する2本の境界線Bが仮想的に存在し、S極について言えば、各永久磁石片19a、19bはそのS極面側同士を隣接させて、境界線B、Bに沿って互いに直交するように配置され、N極側では各永久磁石片19a、19bはそのN極面側同士を隣接させて、境界線B、Bに沿って互いに直交するように配置さ

れている。各永久磁石片19a、19bは、その断面が矩形状で直線的加工でよいことから、加工コストが安く済む。

【0064】第2コアメンバー14について、上記第1および第2実施例では、ステータコア16からの磁束の磁路に沿うようにスリット13、18を一連に形成しているが、この第3実施例では図10に示されているように、そのスリットが第1コアメンバー12側の永久磁石片19a、19bに対応して2つのスリット20a、20bに分割されている。

【0065】すなわち、図8に示されているように、一方のスリット20aは永久磁石片19aの投影面積内に配置され、他方のスリット20bは永久磁石片19bの投影面積内に配置されている。このように、スリットが2つのスリット20a、20bに分割されているが、その各々はステータコア16からの磁束の磁路に沿うような円弧状に形成されている。

【0066】この第3実施例によれば、上記各実施例の効果に加えて、第1コアメンバー12において、リラクタンストルクをより大きくすることが可能となる。すなわち、ステータコア16から磁束の磁路(図9の実線矢印参照)を妨げないように、各磁極ごとに2つの永久磁石片19a、19bを磁極の境界線Bに沿って配置しているからである。

【0067】次に、図11の第4実施例について説明する。この第4実施例は、上記第3実施例における第1コアメンバー12側の永久磁石を変形したもので、第2コアメンバー14側の構成は上記第3実施例と同じである。図11は、ロータコア10を第1コアメンバー12側から見た平面図である。したがって、他の実施例のロータコア10の平面図と異なり、永久磁石は実線で示され、スリット20a、20bについては鎖線で示されている。

【0068】この第4実施例においては、第1コアメンバー12に埋設される永久磁石として、上記第3実施例の各磁極の境界線Bを挟んで隣り合う2つの永久磁石19b、19a(図9参照)を一体化した形状の永久磁石21が用いられている。

【0069】すなわち、この永久磁石21はやや板厚の厚い断面矩形状の例えばフェライト磁石からなり、その板厚方向に着磁されている。この実施例では、4つの永久磁石21が、その板厚間の中心線を各磁極間の境界線B上に位置するように配置されている。これにより、一つの永久磁石21が隣り合うSとNの各磁極に共有とされ、その一方のS極側がロータコア10のS磁極の磁極として用いられ、他方のN極側がロータコア10のN磁極の磁極として用いられる。

【0070】なお、第2コアメンバー14については、各永久磁石21のS極側の半分とN極側の半分とにそれぞれ対応するように、2つのスリット20a、20bが



ステータコア 16 からの磁束の磁路に沿うように形成されている (図 10 参照)。

【0071】この第 4 実施例によれば、上記第 3 実施例に比べて使用する永久磁石の数が減る分、製造コストが軽減できる。

【0072】次に、図 12 ないし図 14 により本発明の第 5 実施例について説明する。この第 5 実施例においても、ロータコア 10 は図 13 のマグネットトルク発生用の第 1 コアメンバー 12 と、図 14 のリラクタンストルク発生用の第 2 コアメンバー 14 とを同軸的に一体に接

合することにより構成されている。なお、ステータコア 16 については、上記の各実施例と同じであるため特に説明はしない。

【0073】第 1 コアメンバー 12 には永久磁石が埋設されるが、この場合、その永久磁石 22 として断面円弧状のフェライト磁石が用いられている。永久磁石 22 は、各磁極ごとにその凸面側をコア外周縁側に向けて配置されている。すなわち、4 つの永久磁石 22 が第 1 コアメンバー 12 の円周方向に沿って均等に配置されている。

【0074】これに対して、図 14 に示されているように、第 2 コアメンバー 14 側には、各永久磁石 22 に対応して、4 つのスリット 23 がそれぞれステータコア 16 からの磁束の磁路に沿うように円弧状に形成されている。

【0075】この場合、スリット 23 はその凸面側がコアの中心方向に向けて配置され、第 1 コアメンバー 12 側の永久磁石 22 に対して逆円弧の関係になるが、図 12 に示されているように、スリット 23 は永久磁石 22 の投影面積内からはみ出ないようにされている。

【0076】この第 5 実施例のような構成としても、上記各実施例と同様な効果、すなわち d 軸と q 軸のインダクタンスの差 ( $L_d - L_q$ ) が大きく、リラクタンストルクを大きな永久磁石電動機とすることができる。

【0077】以上、本発明の代表的な各実施例について説明したが、本発明には次のような各種の変形例が含まれる。なお、これらの変形例においても、ステータコア 16 側は変更を要しないため、変形例の各図面にはロータコア 10 の概略的な平面図のみを示すことにする。

【0078】また、この変形例に係るロータコア 10 の各平面図は、第 2 コアメンバー 14 側から見た場合のものであり、したがって、第 2 コアメンバー 14 に形成されるスリットを実線とし、第 2 コアメンバー 14 に対して紙面後方となる第 1 コアメンバー 12 内の永久磁石については鎖線で示している。

【0079】まず、図 15 の第 1 変形例は上記第 1 実施例をベースとしたもので、第 1 コアメンバー 12 には上記第 1 実施例と同じく、断面扇状の永久磁石 11 がその長円弧側をコア外周縁側に向けて各磁極ごとに埋設されている。

【0080】これに対して、第 2 コアメンバー 14 には、各永久磁石 11 に対応して、それぞれ 2 つのスリット 13 a, 13 b が形成されている。各スリット 13 a, 13 b はともに、ステータコア 16 からの磁束の磁路に沿うように円弧状とされている。各スリット 13 a, 13 b は、互いに平行としてその凸面側がコアの中心方向に向けて配置されているが、その形成範囲は上記第 1 実施例と同様に、永久磁石 11 の投影面積内とされている。

【0081】図 16 の第 2 変形例は上記第 2 実施例をベースとしたもので、第 1 コアメンバー 12 には上記第 2 実施例と同じく、断面台形状の永久磁石 17 がその長辺 (底辺) 側をコア外周縁側に向けて各磁極ごとに埋設されている。

【0082】これに対して、第 2 コアメンバー 14 には、各永久磁石 17 に対応して、それぞれ 2 つのスリット 18 a, 18 b が形成されている。各スリット 18 a, 18 b はともに、ステータコア 16 からの磁束の磁路に沿うように円弧状とされている。各スリット 18 a, 18 b は、互いに平行としてその凸面側がコアの中心方向に向けて配置されている。この場合、一方のスリット 18 a はその全体が永久磁石 17 の投影面積内において形成され、他方のスリット 18 b はその両端が永久磁石 17 の投影面積からはみ出しているが、このような態様も本発明に含まれる。

【0083】図 17 の第 3 変形例は上記第 3 実施例をベースとしている。すなわち、第 1 コアメンバー 12 内には、一つの磁極あたり 2 つの永久磁石片 19 a, 19 b が埋設されている。

【0084】これに対して、第 2 コアメンバー 14 には、各永久磁石片 19 a, 19 b の投影面積内においてそれぞれスリット 20 a, 20 b がステータコア 16 からの磁束の磁路に沿うように円弧状に形成されているが、この変形例では、さらにスリット 20 c が追加的に形成されている。

【0085】このスリット 20 c は、第 1 コアメンバー 12 側の各磁極に対応する部分にそれぞれ設けられているが、この場合、各スリット 20 c はコア中心から見てスリット 20 a, 20 b の外側の位置で、ステータコア 16 からの磁束の磁路に沿って一連の円弧状に形成されている。

【0086】この変形例では、各スリット 20 c は一方の永久磁石片 19 a の投影面積部分から他方の永久磁石片 19 b の投影面積部分にかけて一連の円弧状に形成されているが、場合によっては、各永久磁石片 19 a, 19 b の投影面積部分から外れた位置であってもよい。

【0087】また、図 18 の第 4 変形例も上記第 3 実施例をベースとしているが、この場合には、第 1 コアメンバー 12 側の各磁極を構成する 2 つの永久磁石片 19 a, 19 b の配置を若干変更している。

【0088】すなわち、上記第3実施例においては、各磁極を構成する2つの永久磁石片19a、19bを各磁極間の境界線Bに対して平行となるように配置しているが(図9参照)、この変形例のように、一つの磁極に割り当てられている永久磁石片19a、19bのコア中心側の各一端側を、上記第3実施例よりも互いに近づけるように所定の角度で傾斜させるようにしてもよい。なお、この第4変形例で、第2コアメンバー14は上記第3実施例と同じである。

【0089】また、この第4変形例に図17の変形例で説明したスリット20cを追加的に形成してもよく、これを第5変形例として図19に示す。なお、この第5変形例において、スリット20cは永久磁石片19a、19bの各投影面積部分から外れた位置に形成されている。

【0090】図20の第6変形例は上記第4実施例をベースとしている。すなわち、第1コアメンバー12側の永久磁石21の構成は先の図11で説明したとおりであり、また、第2コアメンバー14には、一つの磁極に対応して2つのスリット20a、20bが形成されているが、この第6変形例では、図17の変形例で説明したスリット20cが追加的に形成されている。なお、この第6変形例においても、第5変形例と同様に、スリット20cは永久磁石片21の投影面積部分から外れた位置に形成されている。

【0091】次に、図21の第7変形例について説明する。この第7変形例は上記第5実施例をベースとしている。すなわち、上記第5実施例では第1コアメンバー12の永久磁石22を断面円弧状として、各磁極ごとにこの永久磁石22をその凸面側をコア外周縁側に向けて配置しているが、この第7変形例のように、各永久磁石22をその凸面側をコア中心側に向けて配置してもよい。

【0092】なお、この第7変形例において、第2コアメンバー14側には第5実施例と同様に、永久磁石22の各投影面積内に一つのスリット23が形成されているが、図22に第8変形例として示されているように、永久磁石22の各投影面積内に2つのスリット23a、23bを互いに平行となるように形成してもよい。

【0093】上記の具体的な実施例および変形例では、永久磁石電動機の極数を4極として説明しているが、これとは異なる極数の場合においても、その極数に応じた永久磁石を用いれば、本発明の効果をを得ることができることは明かである。また、使用する永久磁石もフェライト磁石に限定されない。要するに、本発明は上記の各例に限定されるものではなく、当然にその均等技術も本発明の範囲内に含まれる。

【0094】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、各磁極が永久磁石により構成されたロータコアを回転磁界を発生するステータコア内に配置した永久磁石電動機

において、ロータコアをマグネットトルク発生部(第1コアメンバー)とリラクタンストルク発生部(第2コアメンバー)とに分割することにより、その分割比に応じてd軸インダクタンス $L_d$ とq軸インダクタンス $L_q$ との差( $L_d - L_q$ )の値を任意に大きく設定することができる。

【0095】第2コアメンバー側のスリットを第1コアメンバー側から見て、同第1コアメンバー内に埋設されている永久磁石の断面形状の投影面積内に配置することにより、第1コアメンバーと第2コアメンバーとの接触面において、スリットが磁束の短絡および漏洩を防止するフラックスバリアとして作用するため、モータトルクの効率の向上が図られる。

【0096】第1コアメンバー側の永久磁石を断面扇状とすることにより、マグネットトルクを大きくすることができる。また、永久磁石を断面台形状にすることにより、永久磁石の加工コストを安価にすることができる。

【0097】本発明は、特に空気調和機のコンプレッサ駆動用のブラシレスDCモータに好適であり、これによれば、コストアップを招くことなく、空気調和機の性能アップ(運転効率の向上および振動や騒音の低下)を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を示した概略的な平面図。

【図2】同第1実施例のロータコアのd軸に沿った断面図。

【図3】同第1実施例のロータコアを構成する第1コアメンバーの平面図。

【図4】同第1実施例のロータコアを構成する第2コアメンバーの平面図。

【図5】本発明の第2実施例を示した概略的な平面図。

【図6】同第2実施例のロータコアを構成する第1コアメンバーの平面図。

【図7】同第2実施例のロータコアを構成する第2コアメンバーの平面図。

【図8】本発明の第3実施例を示した概略的な平面図。

【図9】同第3実施例のロータコアを構成する第1コアメンバーの平面図。

【図10】同第3実施例のロータコアを構成する第2コアメンバーの平面図。

【図11】本発明の第4実施例で、そのロータコアを第1コアメンバー側から見た平面図。

【図12】本発明の第5実施例を示した概略的な平面図。

【図13】同第5実施例のロータコアを構成する第1コアメンバーの平面図。

【図14】同第5実施例のロータコアを構成する第2コアメンバーの平面図。

【図15】第1変形例としてのロータコアを第2コアメンバー側から見た平面図。

17

【図 1 6】第 2 変形例としてのロータコアを第 2 コアメンバー側から見た平面図。

【図 1 7】第 3 変形例としてのロータコアを第 2 コアメンバー側から見た平面図。

【図 1 8】第 4 変形例としてのロータコアを第 2 コアメンバー側から見た平面図。

【図 1 9】第 5 変形例としてのロータコアを第 2 コアメンバー側から見た平面図。

【図 2 0】第 6 変形例としてのロータコアを第 2 コアメンバー側から見た平面図。

【図 2 1】第 7 変形例としてのロータコアを第 2 コアメンバー側から見た平面図。

18

\* 【図 2 2】第 8 変形例としてのロータコアを第 2 コアメンバー側から見た平面図。

【図 2 3】従来例を示した概略的な平面図。

【図 2 4】従来例を示した概略的な平面図。

【符号の説明】

1 0    ロータコア（磁石埋込型界磁鉄心）

1 1, 1 7, 1 9 a, 1 9 b, 2 1, 2 2    永久磁石

1 2    第 1 コアメンバー

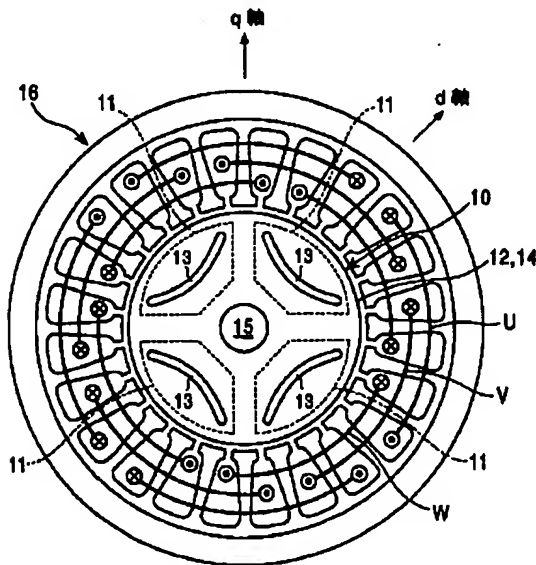
1 3, 1 8, 2 0 a, 2 0 b, 2 3    スリット

1 4    第 2 コアメンバー

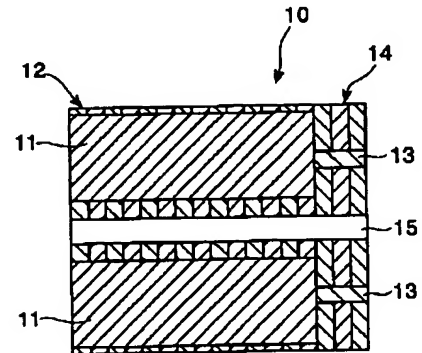
1 5    中心孔（シャフト用）

\*    1 6    ステータコア

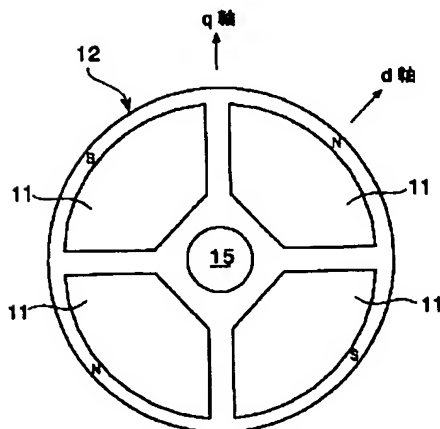
【図 1】



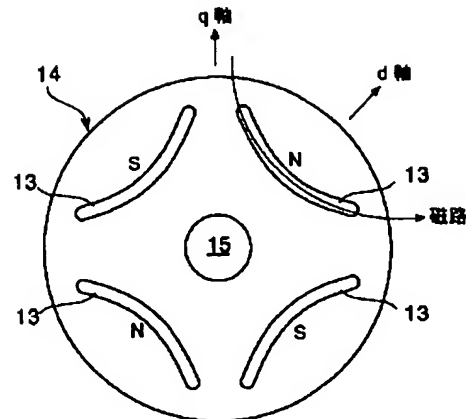
【図 2】



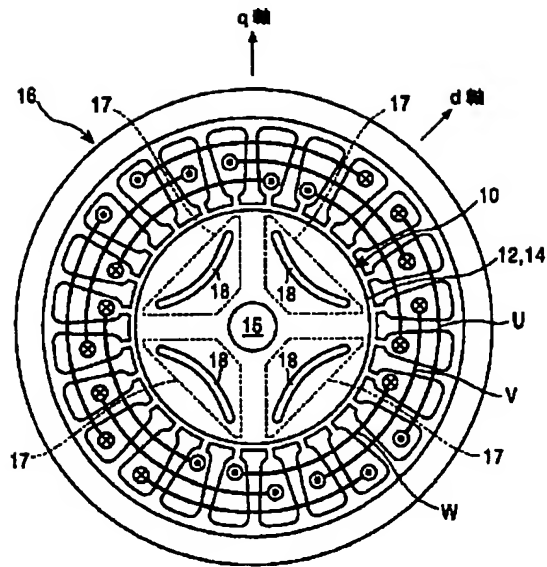
【図 3】



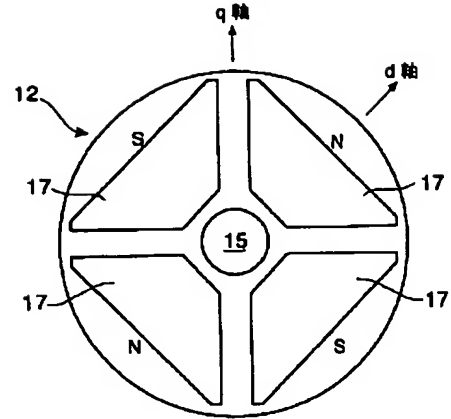
【図 4】



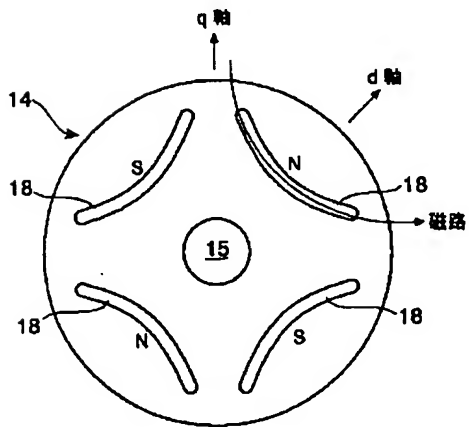
【図5】



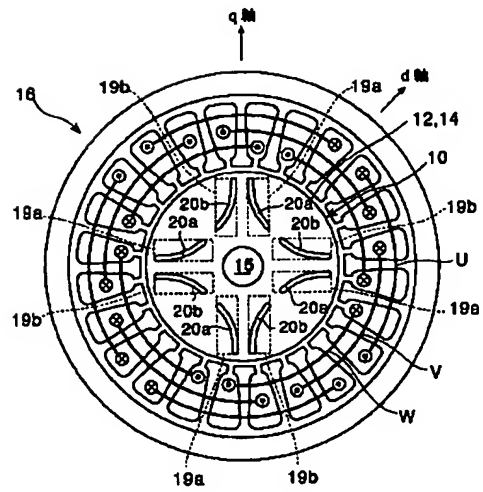
【図6】



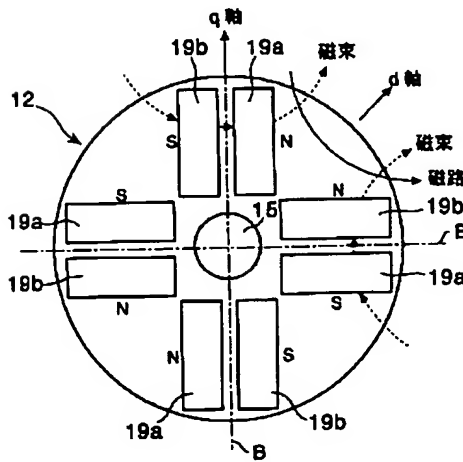
【図7】



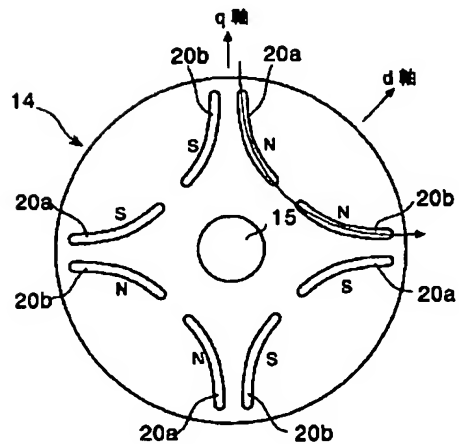
【図8】



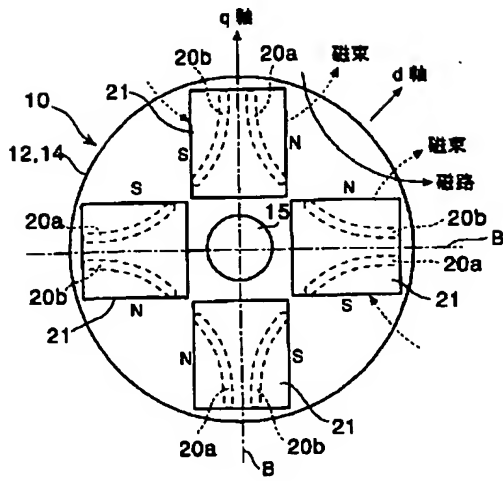
【図9】



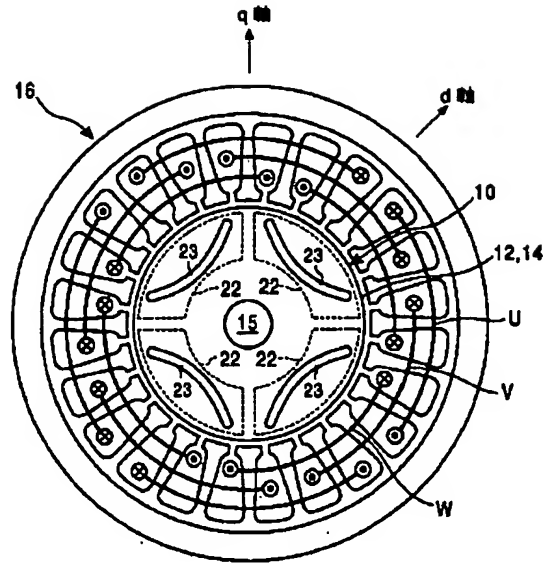
【図10】



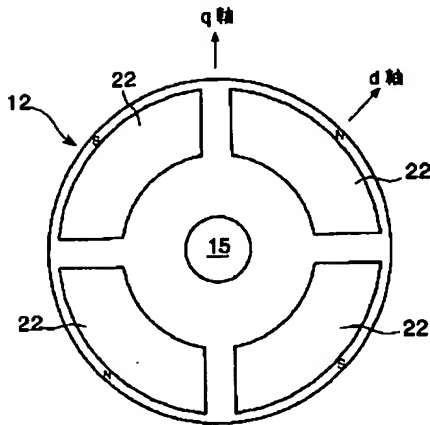
【図11】



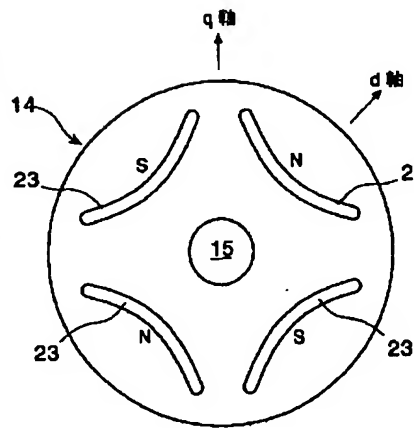
【図12】



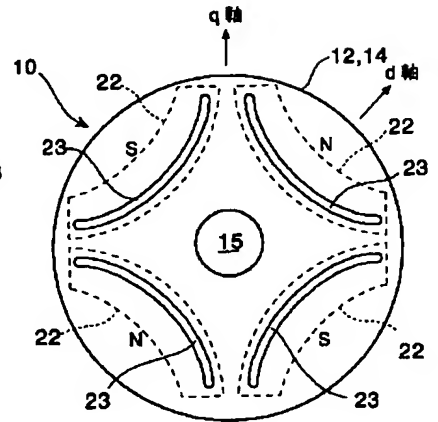
【図13】



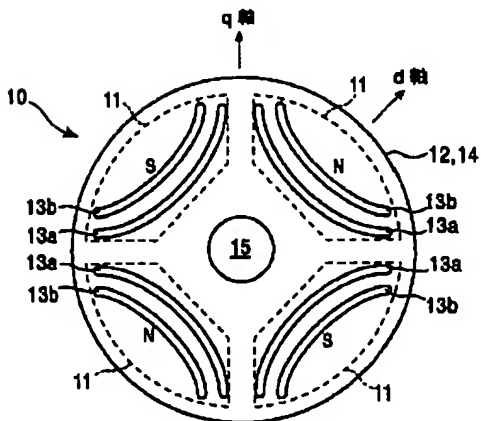
【図14】



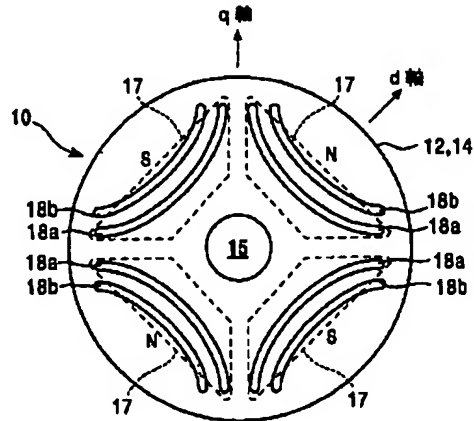
【図21】



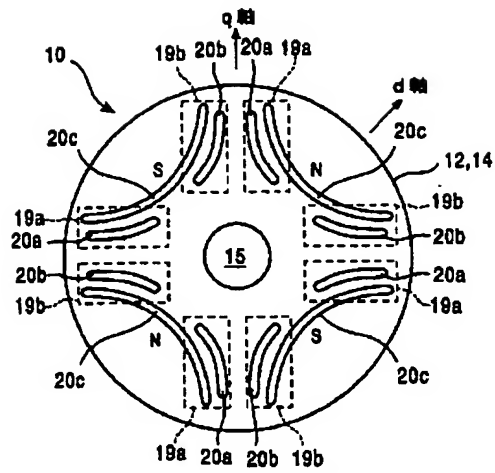
【図15】



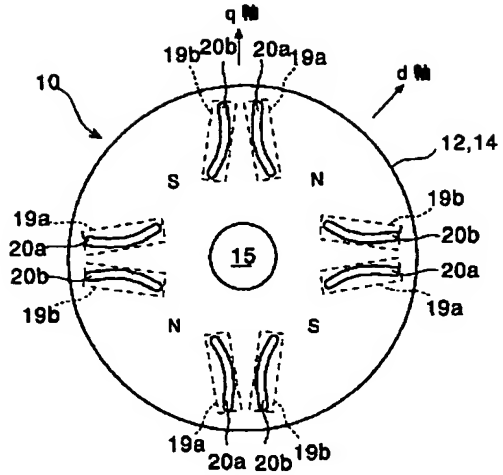
【図16】



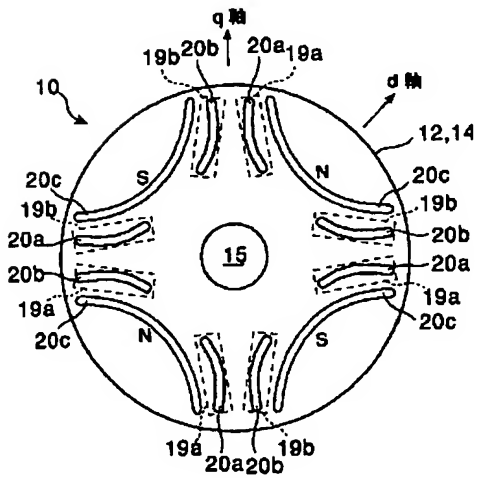
【図 17】



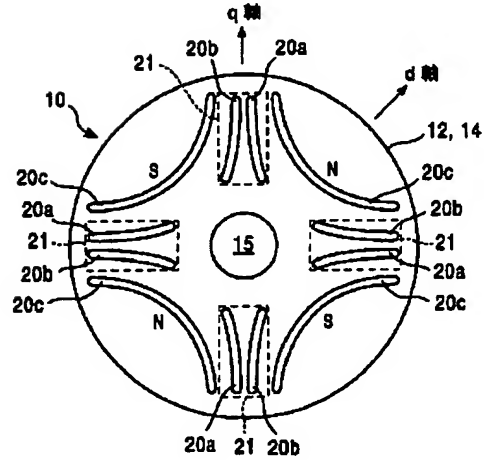
【図 18】



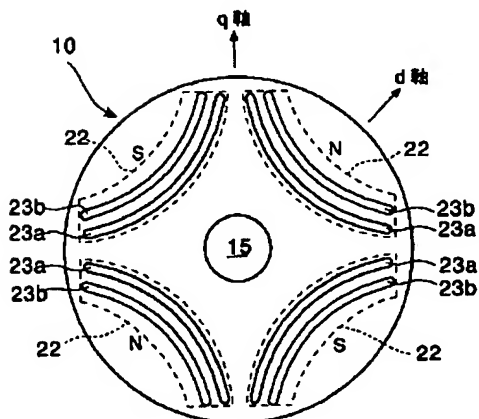
【図 19】



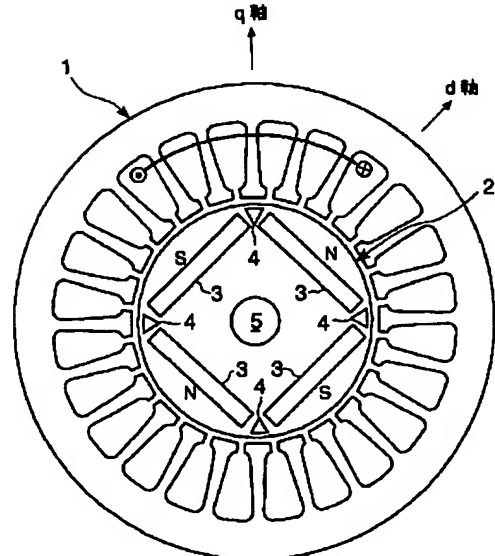
【図 20】



【図 22】

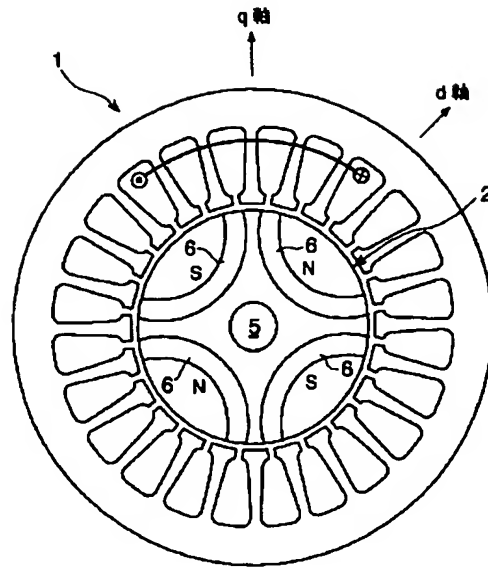


【図 23】





【図 24】



フロントページの続き

(72)発明者 河合 裕司  
神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式  
会社富士通ゼネラル内

(72)発明者 相馬 裕治  
神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式  
会社富士通ゼネラル内

(72)発明者 河西 宏治  
神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式  
会社富士通ゼネラル内

(72)発明者 福田 好史  
神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式  
会社富士通ゼネラル内